

CT 880045

## Notes techniques

### Technical notes

# Le maintien de la fertilité des sols dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture - élevage

M. Berger<sup>1</sup>, P.C. Belem<sup>2</sup>, D. Dakouo<sup>3</sup> et V. Hien<sup>4</sup>

1, 3 et 4. Agronomes, 2. Agro-économiste. Programme Coton INERA-IRCT-CIRAD, BP 208, Bobo-Dioulasso, Burkina-Faso.

## RÉSUMÉ

Le maintien de la fertilité des sols en zone soudanienne paraît reposer principalement sur la protection du complexe argilo-humique.

Cette protection, qui implique des restitutions systématiques de matières organiques, est actuellement très mal assurée, d'une part à cause d'un manque de bétail au niveau des exploitations, d'autre part, à cause d'une mauvaise gestion du troupeau et des résidus de culture.

La présente étude montre que les restitutions basées sur les seules « terres de parc » ne peuvent assurer ce rôle, en raison de la trop forte augmentation du troupeau que cela impliquerait.

Il est donc proposé une nouvelle technique de gestion des résidus de culture du sorgho, permettant de produire suffisamment de vrai fumier pour pouvoir appliquer un plan de fumure organique rationnel.

Cette technique qui consiste à faire broyer et enrichir par des bovins les tiges de sorgho mises dans un parc à proximité des parcelles, puis à laisser la transformation s'opérer sous l'effet de la saison des pluies, permet d'obtenir environ 6 tonnes de très bon fumier par hectare de sorgho.

L'étude confronte ensuite les implications de cette technique (1/3 de l'exploitation en sorgho et 5 têtes de bovins par hectare de sorgho à broyer) aux réalités actuelles des exploitations en culture attelée et à celles associant culture motorisée et culture attelée.

Les conditions de réussite de la technique proposée sont enfin passées en revue en évoquant successivement divers types d'exploitation, puis le rôle que peuvent jouer à cet effet les services de vulgarisation, de recherche et du développement.

**MOTS CLÉS :** maintien de la fertilité, région soudanienne, analyses sols ferrugineux, matières organiques, résidus de culture, intégration cheptel bovin.

## INTRODUCTION

Dans un premier temps, un ensemble d'expérimentations thématiques, réalisées tant en station que sur divers points d'appui de la région, ont mis en évidence la vitesse d'évolution de la matière organique des sols en culture.

Dans un second temps, diverses enquêtes menées en milieu paysan faisaient ressortir l'importance de cette question au niveau régional, montraient la faiblesse des restitutions organiques actuelles et permettaient de mieux situer le potentiel réel des exploitations en ce domaine.

Parallèlement, la nouvelle phase d'expérimentation, mise en place pour traiter des problèmes de gestion des résidus de culture, permettait de proposer une technique rationnelle de gestion des résidus de sorgho.

De nouvelles enquêtes ont permis ensuite de mieux cerner les conditions de réussite de la diffusion de cette nouvelle technique et de proposer un plan de restitutions organiques susceptible d'assurer le maintien de la fertilité des sols.

L'objet de cette étude est de présenter une brève synthèse des résultats acquis, leur confrontation aux réalités du milieu et un ensemble de thèmes devant faciliter l'élaboration de programmes de vulgarisation et de développement.

### Localisation et caractéristiques de la zone d'étude

Cette zone, centrée sur Bobo Dioulasso, se situe globalement entre les latitudes 11° et 12°30 Nord et les longitudes 3° et 5° Ouest.

Son climat est caractérisé par une courte saison des pluies s'étendant de juin à septembre inclus, dont le cumulé annuel se situe entre 800 et 1 000 mm répartis sur 50 à 70 jours.

Les sols sont essentiellement de type ferrugineux tropical et la production agricole repose sur la culture du coton, du sorgho, du maïs et du petit mil.

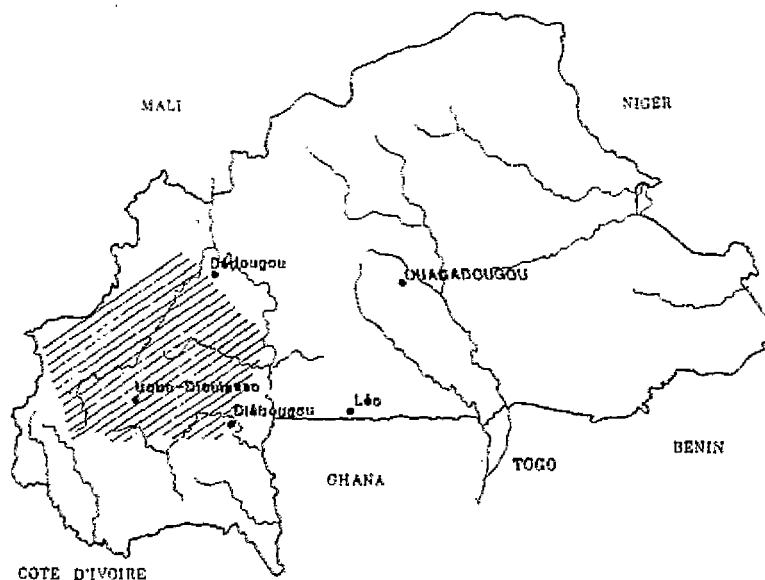


Figure 1

Carte du Burkina-Faso. Localisation de la zone d'étude.

Map of Burkina-Faso. Location of the study zone.

La culture attelée concerne actuellement 35 % des exploitations de la zone. A ce type de culture correspond une superficie médiane de 8 hectares. Un début de motorisation avec des tracteurs de 28 HP est en cours sur 157 exploitations ayant une superficie médiane de 27 hectares.

Cette étude analyse l'incidence sur ces deux types d'exploitations de la mise en œuvre d'une politique de restitutions organiques systématiques.

## PROBLÈMES AGRONOMIQUES

Du fait de la très brève saison des pluies et de l'absence de restitutions organiques dans les exploitations, le milieu naturel et les terrains sous culture sont caractérisés par de très faibles teneurs en matière organique (MO).

Au niveau régional, 50 % des données collectées à ce sujet se situent entre 0,80 et 1,30 % de MO avec une médiane à 1,15 %.

Parallèlement, les études conduites depuis plus de 15 ans dans cette région ont fait ressortir :

- une chute annuelle du taux de matière organique de l'ordre de 2 % minimum ;

- une capacité d'échange médiane de 4,3 meq/100 g de terre sèche (TS) avec des quartiles extrêmes situés entre 3 et 5,3 ;

- la présence de nombreux sols dégradés caractérisés entre autres par un taux de MO situé entre 0,79 et 1,09 et une capacité d'échange variant entre 1,61 et 2,42 meq.

L'acidité (pH eau) des sols de la région présentait une médiane de 5,9 avec 50 % des points situés entre 5,50 et 6,40, les sols dégradés se situant entre 4,55 et 5,80 avec une médiane de 5,10.

Cette acidité s'accompagnait, au-dessous de pH 5, de toxicité aluminique avec des teneurs en aluminium échangeable de 0,02 et 0,80 meq/100 g TS. Dans certaines situations, des teneurs de 2,06 mettaient en évidence un stade ultime de dégradation des sols très difficilement réversible.

Au point de vue comportement des cultures, nous étions amenés à constater une absence de réponse aux engrais en dessous de 0,6 % de MO et un blocage du développement des cotonniers dès le 30<sup>e</sup> jour en présence de teneurs de 0,10 à 0,20 meq d'aluminium échangeable et d'un pH inférieur à 5,0.

Tout comme il y a lieu d'appliquer un plan de restitutions minérales pour compenser les exportations, il y avait donc lieu d'élaborer un plan de restitutions organiques pour compenser l'évolution de la matière organique.

Il apparaissait, en particulier, urgent de mettre au point et de proposer une technique permettant de faire des restitutions organiques suffisamment importantes pour protéger le complexe argilo-humique, afin d'enrayer le processus d'évolution caractérisant les sols sous culture dans nos conditions de milieu.

## RESTITUTIONS ORGANIQUES NÉCESSAIRES

Les diverses études<sup>(1)</sup> conduites ont montré que, dans nos conditions de sol et de climat, la minéralisation annuelle de la matière organique se traduisait par la « perte » de l'ordre de 2 % de la MO, valeur minimale que nous retiendrons.

Dans un sol de densité apparente de 1,6, une teneur en MO de 1 % correspond à 32 t/ha sur une épaisseur de 20 cm de sol.

Une minéralisation annuelle de 2 % correspond à environ 640 kg de matière organique par hectare qu'il y aura

lieu de compenser par des restitutions, si l'on veut maintenir ce sol à 1 % au moins de matière organique.

D'une façon très simplifiée et sans tenir compte des nuances liées à la composition et au stade d'évolution de certaines matières organiques, la restitution organique nécessaire pourra être représentée par 2 tonnes d'un fumier à 30 % de matière organique. Sur le plan pratique, cela peut se traduire par une fumure organique basée sur un apport de 6 tonnes de fumier par hectare tous les 3 ans, autrement dit par la nécessité de fumer le tiers de la superficie de l'exploitation chaque année.

## POTENTIEL ACTUEL DES RESTITUTIONS ORGANIQUES

La fumure organique la plus habituellement utilisée (la terre de parc) est composée essentiellement de déchets animaux.

Un bovin adulte de l'ordre de 400 kg produit environ 600 kg de « terre de parc » par an. Pour fumer un hectare à raison de 6 tonnes, on doit donc disposer de 10 têtes de bovins.

Une enquête réalisée en 1985 sur les exploitations en culture attelée et les données disponibles sur les exploitations motorisées permettent de préciser les structures de ces deux types d'exploitation à cet égard (tabl. 1).

En culture attelée, 76 % des exploitations pratiquent l'épandage de la terre de parc, soit à partir de leur propre parc (88 % des cas), soit à partir de parc de voisinage (43,8 % des cas), soit à partir des deux origines la plupart du temps.

Mais les tonnages épandus actuellement sont très faibles : moins d'une tonne de terre de parc par exploitation,

ce qui est incompatible avec le maintien de la fertilité. Il n'est pas raisonnable d'espérer une évolution suffisante du nombre de bovins avec le temps : ce nombre est en effet très peu corrélé ( $r = 0,32$ ) avec l'ancienneté de l'exploitation, bien qu'il présente une grande variabilité de zone à zone ( $0,27 > r > 0,12$ ).

Un constat identique peut être fait dans les exploitations motorisées.

Le tableau 2 compare et projette pour les deux types d'exploitations un plan type théorique de restitution organique à base de terre de parc.

Ce tableau illustre de façon éclatante le fossé séparant l'objectif à atteindre de la réalité : 5 à 1 en culture attelée, 10 à 1 en culture motorisée.

On est donc contraint de rechercher une source complémentaire de matière organique.

TABLEAU 1  
Eléments de structure des exploitations en culture attelée et en culture motorisée.  
Structural elements of farms using animal-draught and mechanized equipment.

Nature des observations	Culture attelée (nombre d'observations = 192)			Culture motorisée (nombre d'observations = 157)		
	25 % des exploitations ont : moins de	plus de	médiane	25 % des exploitations ont : moins de	plus de	médiane
Superficie des exploitations (ha)	6,0	12,5	8,0	21,5	35,2	27,5
Nombre de bovins par exploitation	3	13	5	4	29	9
Ancienneté des exploitations (années)	4	10	—	7	14	—
Potentiel de production de terre de parc (t/exploitation)	1,8	7,8	3,0	2,4	17,4	5,4

(1) Expérimentations conduites depuis 1967 par l'IRCT au Burkina Faso et depuis 1985 dans le cadre du programme coton de l'INERA.



Figure 2

Tiges de sorgho en cours de broyage pendant la saison sèche.  
Grinding of sorghum stalk during dry season.

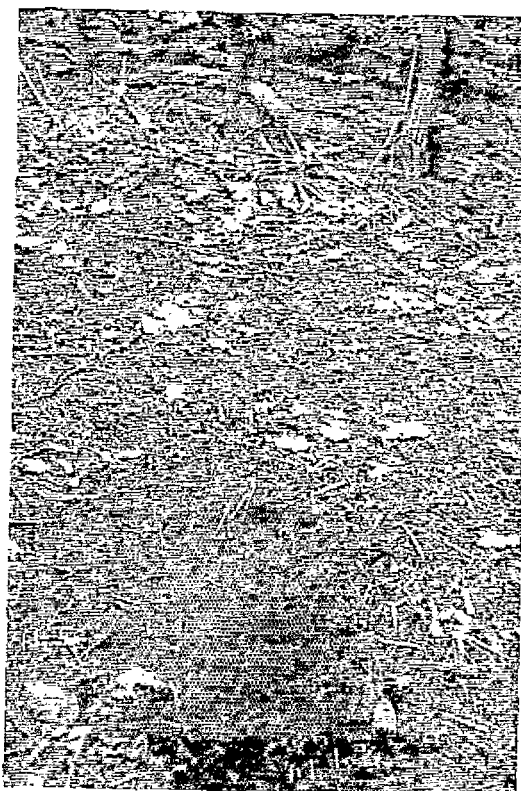


Figure 3

Parc d'hivernage en fin de saison des pluies avec fumier élaboré.  
Rainy season yards at the end of rainy season with elaborated manure.



TABLEAU 2

Plan type de restitution organique à base de terre de parc  
en culture attelée ou motorisée.

Standard programme of organic restitution based on kraal earth  
in farms using animal-draught or mechanized equipment.

Observations	Culture attelée	Culture motorisée
Superficie de l'exploitation (ha)	8	27
Quantité de terre de parc nécessaire (t/an)	16	54
Nombre de bovins correspondant	27	90
Effectif bovin actuel	5	9

### SOLUTION EXPÉRIMENTÉE ET PROPOSÉE : LES PARCS D'HIVERNAGE

Le problème pour faire du fumier en zone tropicale est d'avoir, d'une part, suffisamment de matière première à transformer, et d'autre part, une disponibilité en eau pour que la transformation de cette matière organique puisse se réaliser.

Dans nos conditions de milieu, il apparaît que les résidus de culture du sorgho <sup>(1)</sup>, qui représentent environ 4 tonnes de matière sèche par hectare, sont très mal valorisés. En général, ils sont en effet pâturés durant la saison sèche par des troupeaux de passage et leurs résidus organo-minéraux dispersés dans la nature sans profit réel. Dans d'autres situations, ces résidus de culture sont tout simplement brûlés en nappe pour permettre les travaux de préparation des sols de la campagne suivante.

Afin de récupérer ces très importants tonnages de matière organique et de les transformer en fumier, nous avons proposé, après vérification durant trois années de suite, la technique dite des parcs d'hivernage, dont nous décrivons brièvement le processus ci-dessous.

1) Des parcs classiques en bois, épineux, terre ou barbelés, mesurant environ 150 m<sup>2</sup> par hectare de sorgho à transformer en fumier, sont construits à proximité immédiate des parcelles en sorgho.

2) En janvier, après la récolte des sorghos, les tiges, au lieu d'être laissées au sol, sont transportées et entassées à côté de ces parcs. Puis, disposées par couches successives à l'intérieur, elles sont progressivement broyées et enrichies par les bovins qui viennent y séjourner lorsqu'ils ne sont pas au pâturage.

Ce broyage se fait sur la base de 5 kg de tiges par nuitée et par bovin. Donc, pour broyer les 4 tonnes de tiges provenant d'un hectare de sorgho, il faudra 800 nuitées soit 8 bovins par nuit si le troupeau est disponible 100 jours et 5,3 bovins par nuit, si ce troupeau est disponible 150 jours.

3) Vers fin avril début mai, une fois que ce broyage-enrichissement est réalisé par les animaux (apport de l'ordre de 1,5 kg d'excréments par nuitée et par bovin), on laisse agir la saison des pluies sans aucune intervention animale ou humaine : le fumier s'élabore de lui-même et peut donc être utilisé 16 mois après le transport des tiges de sorgho.

Son utilisation, immédiatement après le broyage-enrichissement est déconseillée : car alors, les acides-phénols inclus dans les tiges de sorgho ne sont pas encore éliminés et de sérieux accidents de germination peuvent alors survenir sur les cultures.

D'une façon globale, la transformation de 4 tonnes de tiges de sorgho permet, après ces différentes opérations, d'obtenir environ 6 tonnes de fumier matière sèche, donc de fumer sur la base de 6 tonnes par hectare la parcelle ayant fourni ces résidus.

Autrement dit, une parcelle peut assurer ses propres restitutions organiques si elle est cultivée en sorgho un an sur trois, et si les tiges de ce sorgho sont transformées en fumier par la technique des parcs d'hivernage.

Sur le plan général, on retiendra que l'on a besoin pour cela, si l'on dispose de bovins durant 150 jours en saison sèche, de 5,3 bovins par hectare de sorgho à broyer.

Ces informations peuvent également se traduire par deux règles de base devant permettre d'assurer le maintien de la fertilité des sols de l'Ouest du Burkina Faso :

— cultiver le tiers de l'exploitation en sorgho pour avoir suffisamment de matière première à transformer ;

— disposer de 1,8 bovin par hectare de culture durant 150 jours par an pour pouvoir assurer la transformation de ces résidus en fumier.

### INCIDENCE DE CETTE TECHNIQUE AU NIVEAU DES EXPLOITATIONS

#### Incidence au niveau des exploitations en culture attelée

50 % de ces exploitations ont entre 22 et 43 % de leur superficie en sorgho avec une médiane de 31 %.

Il apparaît donc qu'environ la moitié de ces exploitations auront assez de matière première à transformer pour réaliser le plan de fumure précité, à savoir, apporter chaque année 6 tonnes de fumier par hectare sur le tiers de la superficie en culture.

Dans une rotation coton/maïs/sorgho répartie par tiers, il apparaît que les résidus de sorgho, transformés durant la saison des pluies pendant laquelle le coton est cultivé, peu-

vent bien être restitués l'année suivante, donc pour la sole en maïs.

Par contre, nous avons observé que le troupeau de bovins est insuffisant actuellement : les enquêtes de 1985 montrent en effet que 50 % des exploitations ont entre 1,2 et 3,9 têtes par hectare de sorgho avec une médiane de 1,9 tête ; autrement dit, pour pouvoir réaliser les broyages-enrichissements qui requièrent 5,3 têtes, il faudrait augmenter le troupeau en moyenne d'environ 3,4 têtes par hectare de sorgho à broyer.

Au niveau de l'exploitation médiane type de 8 ha ayant 2,7 ha en sorgho, il faudrait donc un troupeau de 14,4 têtes, s'il est disponible 150 jours durant la saison sèche, donc 1,8 tête par hectare de culture. Ceci suppose que l'on augmente de 9 têtes le troupeau actuel, dont la valeur médiane est de 5 têtes.

(1) Sorgho traditionnel à longue paille.

### Incidence au niveau des exploitations motorisées

Ces exploitations ont accru leur superficie en coton et en maïs pour faire face aux problèmes financiers liés à leur motorisation, et 20 % seulement de leur superficie sont en sorgho : elles manquent donc souvent de matière première pour réaliser le plan de fumure requis.

On observe également que les bovins ne sont actuellement en nombre suffisant que sur 10 % des exploitations, compte tenu de la quantité de matière à broyer.

Néanmoins, 50 % des exploitations ont tout de même environ 25 % de leur superficie en sorgho et 40 % des exploitations ont suffisamment de bovins pour broyer les tiges de sorgho qu'elles produisent.

Pour les fermes motorisées, les situations seront donc à étudier cas par cas à partir d'analyses d'exploitations. Il n'en demeure pas moins qu'il y aura lieu là aussi d'augmenter le cheptel dans de nombreuses situations, de façon à avoir 5,3 têtes par hectare de sorgho à broyer. Cette augmentation du cheptel concernera 60 % des exploitations actuellement motorisées.

### Incidence globale sur l'ensemble des exploitations attelées et motorisées

L'augmentation nécessaire du cheptel pour réaliser ce plan de restitution de matières organiques implique, pour les exploitants agricoles, une adaptation à ce nouvel impératif à divers niveaux :

— au niveau de la parcelle, qu'il faudra considérer comme une unité qui évolue sur elle-même en 3 ans et sur laquelle il y a lieu d'appliquer à la fois un plan de restitutions minérales et un plan de restitutions organiques. A cet effet, il faudra à la fois tenir compte des restitutions passées et ajuster un plan de fumure correspondant aux impératifs à respecter, pour maintenir la fertilité de la parcelle ;

— au niveau de l'exploitation, qui devra réorienter certaines habitudes concernant le cheptel, sa localisation et son gardiennage.

Ces divers points imposent en particulier :

- d'assurer au niveau des exploitations un minimum de soins aux animaux sur le plan sanitaire et alimentaire, afin de réduire la mortalité qui est la principale raison du faible nombre de bovins ;

- d'acquérir de nouvelles habitudes concernant la localisation des animaux qui devront séjourner à proximité des

parcs d'hivernage, donc des parcelles, durant une bonne partie de la saison sèche : ce point nécessite de revoir la question du gardiennage et de l'abreuvement du troupeau (puits, impluvium) ;

- de résoudre le problème du matériel de transport des tiges de sorgho et des fumiers ; la proportion d'exploitations équipées d'une charrette va de 13 à 60 % selon les secteurs en culture attelée et 15 % des exploitations motorisées sont encore dépourvues de remorque ;

- d'établir de nouvelles relations avec les éleveurs locaux ou de passage pour qu'ils participent aux broyages en attendant un accroissement suffisant du troupeau de l'exploitation. Corrélativement, cette période intermédiaire implique de laisser en pâture un minimum de superficie sur l'exploitation pour rendre attractif le séjour de troupeaux d'appoint, voire de créer ou d'entretenir des points d'eau pour les fixer le temps nécessaire.

### Incidence au niveau des services de vulgarisation, de recherche et du développement

La diffusion de la technique proposée implique trop de données pour qu'elle puisse se réaliser par la seule volonté des planteurs. Ceux-ci doivent être sensibilisés à cette notion de conservation de la fertilité sur le plan organique et les mesures à prendre doivent faire l'objet d'explications et d'incitations.

Au niveau des services de vulgarisation, le travail déjà commencé de sensibilisation, de formation et de démonstration doit être poursuivi et entretenu plusieurs années, pour que cette notion se perpétue d'elle-même.

Au niveau de la recherche, l'amélioration des sorghos longue paille, seule source abondante de matière organique facilement transformable, doit être intensifiée afin que cette culture reste suffisamment attractive pour occuper au moins le tiers des surfaces en culture.

Au niveau du développement, des mesures incitatives doivent pouvoir également être envisagées : amélioration des conditions liées à l'état sanitaire des bovins, nouvelle organisation de la filière viande dans l'optique d'un minimum d'embouche au niveau des exploitations, crédits incitatifs en équipement de transport nécessaire à la pratique des restitutions organiques, assurance de la commercialisation du sorgho à un prix minimum garanti.

## CONCLUSION

Le problème du maintien de la fertilité des sols en zone soudanienne nous semble pouvoir être résolu dans la mesure où une politique de restitutions organiques peut être systématiquement appliquée dans les exploitations.

La très nette sous-utilisation actuelle du troupeau et de la matière organique présents sur les exploitations pourrait être très rapidement corrigée par une action renforcée de la vulgarisation.

En plus de la notion, peu à peu admise, de plan de restitutions minérales, il y a lieu de faire admettre la notion de

plan de restitutions organiques. Une action de sensibilisation nous paraît urgente dans ce domaine.

Sur le plan pratique, il s'agit de faire diffuser une technique très simple de transformation des résidus de récolte du sorgho et une meilleure valorisation du troupeau qui devra être légèrement augmenté dans certaines situations.

La réussite d'une telle opération sera très largement conditionnée par la convergence des efforts qui pourront s'exercer tant au niveau des services de vulgarisation que de ceux de la recherche et du développement.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. IRCT-INERA, 1967-1985. — Rapports annuels d'activité de la section agronomie du Programme Coton (M. BERGER, P.C. BELEM, M. CORRE, D. DAKOUA, V. HIEN, L. RICHARD). *Pub. internes IRCT Paris et INERA Bobo Dioulasso et Ouagadougou*.
2. INERA, 1984. — Aspect général de l'évolution de la fertilité des sols Burkinabé en culture continue. (V. HIEN, P.C. BELEM, M. BERGER, L. RICHARD). Notes et Documents Burkinabé, *Dir. gén. Rech. sci. et techn., Ouagadougou*, 8 p.
3. IRCT-INERA, 1983-1985. — Rapports d'activité de la Recherche d'accompagnement d'un Projet de motorisation intermédiaire dans l'Ouest du Burkina Faso. Synthèses 1983 et 1985. (M. BERGER, P.C. BELEM, D. DAKOUA, V. HIEN, A. TOE). *Pub. interne IRCT-INERA-SOFITEX-CCCE*.
4. BELEM, P.C., 1985. — Coton et systèmes de production dans l'Ouest du Burkina Faso. *Thèse de doctorat 3<sup>e</sup> cycle. Univ. Paul Valéry, Montpellier III*, 310 p.
5. BERGER, M., 1984. — Conditions et incidences du développement de la motorisation intermédiaire dans l'Ouest du Burkina Faso. *Pub. interne IRCT-INERA*, 25 p.
6. HIEN, V., 1986. — La matière organique dans les sols et la gestion des résidus culturels au Burkina Faso. *Colloque FIS/ORSTOM. Amélior. biol. fert. sols, Dakar, Sénégal*, 13 p.
7. BRAUD, M., 1972. — Le contrôle de la nutrition minérale du cotonnier par les analyses foliaires. *3<sup>e</sup> colloque eur. et médit. contrôle nutrition min. et fertil. Budapest*, 469-487.
8. BRAUD, M., 1983. — La fertilisation d'un système de culture. *IRCT-GERDAT, pub. interne*.
9. BURGOS-LEON, W.; GANRY, F.; NICOU, R.; CHOPART, J.L.; DOMMERGUES, Y., 1980. — Un cas de fatigue des sols induit par la culture du sorgho. *Agron. trop.*, 35, 4, 319-334.
10. GANRY, F.; ROGER, P.A.; DOMMERGUES, Y., 1978. — A propos de l'enfouissement de paille dans les sols sableux tropicaux du Sénégal, *Acad. Agric. France*, 445-454.
11. RICHARD, L., 1981. — Le rôle de la matière organique et du potassium échangeable dans la réponse des cultures à la fertilisation potassique. *Cot. Fib. trop.*, 36, 2, 197-198.
12. RICHARD, L.; DJOULET, D., 1985. — La fertilité des sols et son évolution. Zone cotonnière du Tchad. *Cot. Fib. trop. Sér. documents, études et synthèses*, 6, IRCT Paris.
13. PIERI, C.; PICHOT, J.; et divers IRAT, 1986. — Fertilisation des cultures vivrières et fertilité des sols en agriculture paysanne sub-saharienne. *Pub. interne CIRAD*.
14. SEDOGO, P.M., 1981. — Contribution à la valorisation des résidus culturels en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. Matières organiques du sol et nutrition azotée des cultures. *Thèse docteur-ingénieur, Univ. Nancy I*.

## Maintenance of soil fertility in western Burkina Faso and the necessity of associating agriculture with cattle rearing

M. Berger, P.C. Belem, D. Dakoua et V. Hien

### SUMMARY

It seems that the maintenance of soil fertility in Sudanese areas mainly relies on the protection of the clayey-humic complex.

This protection which implies systematic restitutions of organic matters is presently improperly applied, owing to lacking cattle on the farms and to mismanagement of cattle and crop residues.

The present study shows that restitutions based on kraal earth only cannot play that role, because of the excessive increase in the livestock they would imply.

A new technique, therefore, is proposed to manage sorghum residues allowing a sufficient production of real manure to apply a rational programme of organic manure.

This technique, which consists in making cattle grind and enrich

sorghum stalks placed in a yard close to the plots and letting the conversion occur under the effect of the rainy season, makes it possible to obtain 6 tons of very good manure per hectare of sorghum.

Afterwards, this study opposes the implications of this technique (1/3 of the land under sorghum and 5 heads of cattle per hectare of sorghum to grind) to the present realities of the farms using draught animals and to those of the farms associating draught animals and mechanized equipment.

The conditions under which the technique can succeed are then reviewed, mentioning successively various types of farms and the role that can be played by extension, research and development services.

KEY WORDS : maintenance of fertility, Sudanese area, analyses of ferruginous soils, organic matters, crop residues, integration of livestock.

### INTRODUCTION

First, a series of thematic experimentations conducted in stations, in sites and at a regional level showed the rate of evolution of the organic matter of planted soils.

Second, various surveys conducted in farmers' fields showed how important this problem was at a regional

level; they also showed the smallness of the present organic restitutions and allowed a better understanding of the real potential of the farms in this respect.

At the same time, the new experimentation phase implemented to deal with the problems of management of crop

residues made it possible to propose a rational technique for the management of sorghum residues.

Then, new surveys allowed a better definition of the conditions under which the implementation of such a technique could succeed and to propose a programme of organic restitutions likely to maintain soil fertility.

This study aims at proposing a brief review of the results obtained, their confrontation to environmental realities and a series of themes liable to facilitate the elaboration of extension and development programmes.

#### Location and characteristics of the study zone

This area, centred on Bobo Dioulasso, is globally situated between latitudes 11° and 12°30' North and longitudes 3° and 5° West.

Its climate is characterized by a short rainy season from June to September included, the annual total of which is between 800 and 1,000 mm distributed on 50 to 70 days.

Soils are mainly of the tropical ferruginous type and agricultural production is based upon cotton, sorghum, maize and millet.

Animal-draught cultivation concerns today 35 % of the farms in the region. This type of cultivation corresponds to a mean area of 8 hectares. Motorization with 28 HP tractor is starting in 157 farms with a mean area of 27 hectares.

This study analyses the incidence on this two types of farms of the implementation of a policy of systematic organic restitutions.—

### AGRONOMIC PROBLEMS

Owing to the very short rainy season and absent organic restitutions in the farms, the natural environment and fields planted are characterized by very low organic matter (OM) contents.

At a regional level, 50 % of the data collected in this respect are between 0.80 and 1.30 % of OM with an average of 1.15 %.

In the same way, the studies conducted for more than 15 years in this region have shown :

- an annual decrease of the organic matter content by around 2 % minimum ;
- an average exchange capacity of 4.3 meq/100 g dry earth (TS) with extreme quartiles ranging from 3 to 5.3 ;
- the presence of many degraded soils characterized among others by a OM content from 0.79 to 1.09 and an exchange capacity from 1.61 to 2.42 meq.

Soil acidity (pH water) in the region averaged 5.9 with 50 % of the points between 5.50 and 6.40, degraded soils ranging from 4.55 and 5.80 with an average of 5.10.

This acidity was accompanied, below pH 5, with aluminium toxicity with exchangeable aluminium content of 0.02 and 0.80 meq/100 g TS. In some cases, contents of 2.06 showed an ultimate stage of degradation, very difficult to reverse.

As far as crop behaviour is concerned, we were led to observe the absence of response to fertilizers below 0.6 % organic matter and the blocked development of cotton plants as from the 30th day in the presence of exchangeable aluminium contents from 0.10 to 0.20 meq and a pH under 5.0.

As it is necessary to apply a programme of mineral restitutions to compensate for exports, it was necessary to develop a programme of organic restitutions to compensate for the evolution of the organic matter.

In particular, it seemed urgent to develop and propose a technique allowing sufficient organic restitutions to protect the clayey-humic complex in order to check the process of evolution characterizing the soils planted in our environmental conditions.

### NECESSARY ORGANIC RESTITUTIONS

The various studies conducted <sup>(1)</sup> have shown that under our conditions of soil and climate, annual mineralization of the organic matter translated into a « loss » of around 2 % of OM, minimal value that we shall choose.

In a soil with an apparent density of 1.6, a OM content of 1 % corresponds to 32 t/ha on a soil 20 cm deep.

An annual mineralization of 2 % corresponds to around 640 kg organic matter per hectare that should be compensated for by restitutions if this soil is to be maintained at 1 % at least of organic matter.

As to simplify and without taking into account the slight differences connected with the composition and stage of evolution of some organic matters, the organic restitution necessary could be represented by 2 tons of manure at 30 % organic matter. Practically speaking, this could be achieved by a programme of organic manuring based upon the application of 6 tonnes of manure every three years per hectare, in other words by the necessity of manuring the third of the area of the farm each year.

### PRESENT POTENTIAL OF ORGANIC RESTITUTIONS

The most commonly used organic manure (kraal earth) is mainly made of animal waste.

An adult head of cattle of around 400 kg produces

about 600 kg kraal earth a year. To manure one hectare at the rate of 6 tons, it is therefore necessary to have 10 heads of cattle.

A survey conducted in 1985 in farms using draught animals and the data available on mechanized farms make it possible to pinpoint the structures of these two types of farms in this respect (Table 1).

(1) Tests conducted since 1967 by IRCT in Burkina Faso and since 1985 as part of I.N.E.R.A. cotton programme.



76 % of the farms using draught animals apply kraal earth either from their own yard (88 % of the cases) or from a neighbouring yard (43.8 % of the cases) or most of the time, from both origins.

But the tonnages presently applied are very low : less than one ton of kraal earth per farm, which is incompatible with maintenance of fertility. It is not sensible to hope for a sufficient evolution of the number of cattle over time : this number is relatively not correlated ( $r = 0.32$ ) with the age of the farm, although it is highly variable from one region to the other ( $0.27 > r > 0.12$ ).

### SOLUTION TESTED AND PROPOSED : RAINY SEASON YARDS

The problem about dung-making in tropical areas is to have, on the one hand, enough raw material to convert and on the other hand, water availability making the conversion of this organic matter possible.

Under our environmental conditions, it appears that sorghum crop residues, which amount to around 4 tons of dry matter per hectare are improperly used. In general, they are grazed during the dry season by passing herds and their organo-mineral residues scattered in the nature without any real profit. In other situations, these crop residues are simply burnt in layers as to prepare the lands to be cultivated the next season.

As to recover these very large tonnages of organic matter and convert them into manure, we have proposed, after several checks during three years in succession, the technique of « rainy season yards » which is briefly described below :

1) Conventional yards made of wood, thorny bush, earth or wires measuring around 150 m<sup>2</sup> per hectare of sorghum to convert into manure are built in the immediate vicinity of sorghum plots.

2) In January, when sorghum is harvested, the stalks, instead of being left on the soil, are transported and piled up near the yards. Then, arranged in successive layers inside, they are gradually ground and enriched by the cattle staying there when they are not grazing.

This grinding occurs on the basis of 5 kg of stalks per night and per head of cattle. So, the grinding of the 4 tons of stalks from one hectare of sorghum will require 800 nights, i.e. 8 heads of cattle per night if the herd is available 100 days and 5.3 head of cattle per night if this herd is available 150 days.

The same observation can be made in mechanized farms.

Table 2 compares and projects for both types of farms a theoretical standard programme of organic restitution based on kraal earth.

This table is a striking illustration of the gap existing between the objective to reach and reality : 5 to 1 in the case of draught animals and 10 to 1 in the case of mechanized farms.

It is therefore necessary to search for a complementary source of organic matter.

3) At the end of April beginning of May, once this grinding-enrichment is done by the animals (supply of around 1.5 kg excrements per night and per head of cattle), the rainy season is allowed to effect without any human or animal intervention ; the manure elaborates itself and can be used 15 months after the transportation of sorghum stalks.

Its use, just after the grinding enrichment process, is most inadvisable : the phenol — acids included in sorghum stalks are not eliminated yet and serious germination accidents can occur on the crops.

Generally speaking, the conversion of 4 tons of sorghum stalks allows after these operations around 6 tons of dry matter dung to be obtained, making it possible to manure the plot having supplied these residues on the basis of 6 tons per hectare.

In other words, a plot can supply its own organic restitutions if it is planted with sorghum one year out of three and if the stalks are converted into dung by the technique of the rainy season yards.

On the general plane, it can be assumed that, to achieve this end, 5.3 heads of cattle per hectare of sorghum to grind are necessary, if the cattle are available 150 days during the dry season.

These pieces of information can also translate into two basic rules likely to allow soil fertility in western Burkina Faso to be maintained :

— plant the third of the land with sorghum as to have enough raw material to convert ;

— have 1.8 head of cattle per hectare grown during 150 days a year as to be able to convert these residues into manure.

### INCIDENCE OF THIS TECHNIQUE ON FARMS

#### Incidence on farms using draught animals

50 % of these farms grow sorghum on 22 to 43 % of their area, with an average of 31 %.

It appears therefore that half of these farms will have enough raw material to convert to implement the above-described manure programme, i.e. apply each year 6 tons of manure per hectare on the third of the area planted.

In a rotation cotton/maize/sorghum distributed by third, it appears that the sorghum residues, converted during the rainy season when cotton is grown, can actually be restituted the following year, therefore for the maize plot.

On the opposite, we have observed that the cattle herd is insufficient today : the 1985 surveys show that 50 % of the farms have between 1.2 and 3.9 heads of cattle per hectare of sorghum with an average of 1.9 ; in other words, to be able to carry out the grindings-enrichments which require 5.3 heads of cattle, the herd should be increased on average by 3.4 heads per hectare of sorghum to grind.

For the average standard farm of 8 hectares including 2.7 ha under sorghum, it would be necessary to have 14.4 head of cattle if the herd is available 150 days during the dry season, therefore 1.8 heads per hectare planted. This supposes an increase by 9 heads in the present herd, the average value of which is 5 heads.

### Incidence on mechanized farms

These farms increased their area under cotton and maize as to face the financial problems connected with their mechanization : therefore, they often lack raw material to carry out the manure programme required.

It is also observed that the number of cattle is sufficient on 10 % of the farms only, considering the amount of matter to grind.

Nevertheless, 50 % of the farms have around 25 % of their area under sorghum and 40 % have enough cattle to grind the sorghum stalks they produce.

As regards mechanized farms, the situations will therefore have to be studied case by case on the basis of analyses of farms, but even so, it will be necessary to increase the livestock in many situations as to have 3.5 heads of cattle per hectare of sorghum to grind and this increase will concern 60 % of the farms presently mechanized.

### Global incidence on animal drawn and mechanized farms

The necessary increase in livestock to carry out the programme of organic restitutions implies the farmers adapt themselves to this new requirement at various levels :

— At the level of the plot which will have to be regarded as a unit in evolution on itself in three years and on which it is necessary to apply a programme of mineral restitutions as well as a programme of organic restitutions. To achieve this end, it will be necessary to take into account past restitutions and adjust a manure programme corresponding to the requirements to respect in order to maintain plot fertility.

— At the level of the farm, which will have to redirect some habits regarding livestock, its localization and caretaking. These various points impose in particular :

- to take at the level of the farms a minimum care of the animals, as far as health and food are concerned, in order to reduce mortality which is the major reason of the low number of cattle ;

- to acquire new habits regarding the localization of the animals which will have to stay near the rainy season yards and therefore near the plots during a large part of the dry season : this requires the problems of herd caretaking and watering (well, impluvium) to be examined again ;

- to solve the problem posed by the equipment used to transport sorghum stalks and manure ; the proportion of farms equipped with a cart ranges from 13 to 60 % according to sectors for animal drawn farms and 15 % of mechanized farms are still without any trailer ;

- to establish new relations with local or passing breeders so that they participate in the grindings until the number of cattle in the farm increases sufficiently. Correlatively, this intermediate period implies that a minimum area of the farm be left as pasture land for the stay of the extra herds to be attractive, or even that watering places be created or maintained to fix them as long as necessary.

### Incidence on extension, research and development services

The technique proposed implies too many data to be possibly applied by the sole farmers' will. These should be informed on this notion of fertility maintenance on the organic plane and the measures to take should be accompanied with explanations and incitements.

Regarding the extension services, the works of information, training and demonstration which already started should be continued and maintained during several years so that this notion perpetuates by itself.

As far as research is concerned, the improvement of long-straw sorghum, only source of easily convertible organic matter, should be intensified so that this crop be maintained attractive enough to be grown on at least the third of the area planted.

As regards development, inciting measures should also be applied : improvement in the conditions linked with the health status of the livestock, new organization of the meat industry with the perspective of a minimum of fattening cattle at the level of the farms, inciting credits for the transport equipment necessary for the practice of organic restitutions, ensured marketing of sorghum at a guaranteed minimum price.

## CONCLUSION

It seems to us that the problem of soil fertility maintenance in Sudanese areas can be solved insofar as a policy of organic restitutions can systematically be applied in the farms.

The clear under-utilization of the livestock and organic matter presently available on the farms could be rapidly corrected by an intensified action from extension services.

Besides the notion of programme of mineral restitutions which is gradually admitted, it is necessary to make the

notion of organic restitutions acknowledged. In our opinion, an informative action is urgent in this respect.

On the practical plane, the point is to apply a very simple technique of sorghum residues conversion and to achieve a better use of the livestock which will have to be slightly increased in some cases.

Such an operation can succeed with the convergence of the efforts likely to be provided by extension, research and development services.

## RESUMEN

La conservación de la fertilidad de los suelos en zona sudanesa parece depender principalmente de la protección del complejo arcilloso-húmico.

Esta protección, que implica restituciones sistemáticas de materias orgánicas, es actualmente muy deficiente, por una parte a causa de una falta de ganado en las explotaciones y por otra parte, a causa de una mala gestión del ganado y de los residuos de cultivos.

Este estudio muestra que las restituciones basadas solamente sobre « tierra de parque » no pueden desempeñar este papel, en razón del aumento excesivo del ganado que sería implicado.

Una nueva técnica de gestión de los residuos de sorgo está entonces propuesta, permitiendo una producción suficiente de verdadero estiércol para aplicar un programa de abono orgánico racional.

Esta técnica que consiste en hacer triturar y enriquecer los tallos de sorgo puestos en un parque junto a las parcelas, y a dejar luego la transformación producirse bajo el efecto de la estación de las lluvias, permite obtener cerca de 6 toneladas de excelente estiércol por hectárea de sorgo.

A continuación, el estudio confronta las implicaciones de esta técnica (1/3 de la explotación en sorgo y 5 cabezas de ganado por hectárea de sorgo a triturar) a las realidades actuales de las explotaciones utilizando animales de tiro y de las explotaciones asociando mecanización y animales de tiro.

Por último, las condiciones de éxito de la técnica propuesta están examinadas, mencionando sucesivamente la explotación y el papel que pueden desempeñar con este fin los servicios de vulgarización, investigación y desarrollo.